

ДЛЯ УЧАСТНИКОВ
(теоретическая часть экспериментального тура)

Лист 1

11 КЛАСС

Углеводы представляют собой органические вещества, содержащие в своем составе карбонильную группу и несколько гидроксильных групп. Углеводы являются неотъемлемым компонентом клеток и тканей всех живых организмов представителей растительного и животного мира, составляя по массе основную часть органического вещества на Земле. Кроме того, именно углеводы являются главным источником энергии в организме человека. Энергия, получаемая с содержащимися в пище углеводами, в основном вырабатывается из крахмала и сахаров, а также, в меньшей степени, из пищевых волокон и сахарных спиртов.

Большинство существующих способов определения углеводов в реальных объектах основано на различных вариантах окислительно-восстановительного титрования. Наиболее часто применяют метод иодометрического титрования, который основан на восстановлении сахарами меди(II) до меди(I) из тартратного комплекса. Соль меди(II) и тартрат берут в 2–3-кратном избытке по отношению к сахару. По окончании реакции избыток ионов меди(II) восстанавливают иодидом калия в кислой среде, а выделившийся иод титруют раствором тиосульфата натрия.

Теоретические задания:

1. Напишите брутто- и структурную формулы тиосульфата натрия. Как протекает его взаимодействие с иодом? Напишите уравнение реакции. Сколько электронов отдает один тиосульфат-ион в этой реакции?
2. Напишите уравнения реакций, происходящих в процессе иодометрического определения глюкозы (всего 4 уравнения). В какое вещество превращается глюкоза в результате реакции?
3. Напишите уравнение реакции кислотного гидролиза (инверсии) сахарозы, используя структурные формулы органических веществ.

ДЛЯ УЧАСТНИКОВ
(практическая часть экспериментального тура)

Лист 2

11 КЛАСС

Углеводы представляют собой органические вещества, содержащие в своем составе карбонильную группу и несколько гидроксильных групп. Углеводы являются неотъемлемым компонентом клеток и тканей всех живых организмов представителей растительного и животного мира, составляя по массе основную часть органического вещества на Земле. Кроме того, именно углеводы являются главным источником энергии в организме человека. Энергия, получаемая с содержащимися в пище углеводами, в основном вырабатывается из крахмала и сахаров, а также, в меньшей степени, из пищевых волокон и сахарных спиртов.

Большинство существующих способов определения углеводов в реальных объектах основано на различных вариантах окислительно-восстановительного титрования. Наиболее часто применяют метод иодометрического титрования, который основан на восстановлении сахарами меди(II) до меди(I) из тартратного комплекса. Соль меди(II) и тартрат берут в 2–3-кратном избытке по отношению к сахару. По окончании реакции избыток ионов меди(II) восстанавливают иодидом калия в кислой среде, а выделившийся иод титруют раствором тиосульфата натрия.

Практическое задание:

В выданном Вам стеклянном стаканчике (или бюксе) находится смесь сахарозы с инертной добавкой. Методом иодометрического титрования определите массовую долю сахарозы в исходной смеси.

Реагенты:

- Дихромат калия $K_2Cr_2O_7$, стандартный раствор.
- Сульфат меди(II) $CuSO_4$, 0.04 М стандартный раствор.
- Тиосульфат натрия $Na_2S_2O_3$, 0.025 М водный раствор.
- Тартрат калия $K_2C_4H_4O_6$, 0.5 М раствор.
- Иодид калия KI, 5%-ный раствор.

- Соляная кислота HCl , 2 М раствор.
- Серная кислота H_2SO_4 , 1 М раствор.
- Крахмал, свежеприготовленный 1%-ный раствор.

Оборудование:

- Песочная баня (или электрическая плитка) – 1 шт. на 4–5 участников.
- Стекланный стаканчик (или бюкс) – 1 шт.
- Стекланная воронка для сыпучих веществ – 1 шт.
- Мерная колба (100.0 мл) – 2 шт.
- Пробка для мерной колбы – 2 шт.
- Пипетка Мора (10.00 мл) – 1 шт.
- Резиновая груша или пипетатор – 1 шт.
- Резиновые напальчники – 2 шт.
- Капельница с дистиллированной водой – 1 шт.
- Капельница с раствором индикатора – 1 шт.
- Коническая колба для титрования (100 мл) – 2 шт.
- Коническая колба для титрования (250 мл) – 2 шт.
- Мерный цилиндр (10–25 мл) – 2 шт.
- Мерный цилиндр (25–50 мл) – 1 шт.
- Бюретка прямая с краном (25 мл) – 1 шт.
- Стекланная воронка для бюретки – 1 шт.
- Хлоркальциевая трубка с натронной известью – 1 шт.
- Штатив для титрования – 1 шт.

Методика эксперимента:

1. Стандартизация раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. В бюретку через воронку наливают раствор тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и закрывают ее хлоркальциевой трубкой с натронной известью. В коническую колбу для титрования объемом 200–250 мл вносят мерным цилиндром 10 мл 1 М раствора серной кислоты, 10 мл 5%-ного раствора иодида калия и добавляют пипеткой Мора 10.00 мл стандартного раствора дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Оставляют колбу на 5–7 мин в темном месте, прикрыв ее часовым стеклом.

Затем в колбу добавляют мерным цилиндром 100 мл дистиллированной воды и быстро титруют раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ до появления бледно-желтой окраски раствора. Добавляют 1–2 мл (1 полная пипетка) 1%-ного раствора крахмала и продолжают титрование при энергичном перемешивании до исчезновения синей окраски раствора. По бюретке измеряют объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки, закрывают ее хлоркальциевой трубкой с натронной известью и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета молярной (моль/л) концентрации раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Результат расчета молярной концентрации раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ записывают с точностью до четырех значащих цифр.

2. Проведение инверсии сахарозы. В термостойкий химический стакан вносят выданную навеску сахарозы, содержащую инертные примеси, добавляют мерным цилиндром 20 мл 2 М раствора соляной кислоты и нагревают на песочной бане или электрической плитке до кипения, после чего кипятят раствор в течение 5 мин. Раствор охлаждают до комнатной температуры под струей водопроводной воды и переносят его через стеклянную воронку в мерную колбу объемом 100.0 мл. Несколько раз ополаскивают термостойкий химический стакан и стеклянную воронку дистиллированной водой и переносят таким образом в мерную колбу оставшиеся частицы вещества. Далее убирают воронку, разбавляют раствор в колбе до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая колбу.

3. Определение инвертированных сахаров. Пипеткой Мора отбирают аликвоту анализируемого раствора объемом 10.00 мл в коническую колбу для титрования емкостью 150–200 мл, из бюретки добавляют 10.00 мл стандартного раствора сульфата меди(II), вносят мерным цилиндром 3 мл раствора тартрата калия и тщательно перемешивают. Образовавшийся темно-синий раствор нагревают на электрической плитке или песочной бане и кипятят в течение 2–3 мин. При этом выделяется желтый осадок, переходящий в красный. Раствор охлаждают до комнатной температуры под струей водопроводной воды, добавляют мерным цилиндром 20 мл раствора иодида калия и 10 мл серной кислоты. Немедленно титруют желтоватую суспензию раствором тиосульфата натрия до появления

бледно-желтой окраски. Вводят 3–5 капель раствора крахмала и продолжают титровать при взбалтывании до исчезновения синей окраски. По бюретке измеряют объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки, закрывают ее хлоркальциевой трубкой с натронной известью и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета массовой доли сахарозы в навеске по формуле:

$$\omega(\text{сахароза}), \% = \frac{100 \cdot 342.3 \cdot 10.00}{2 \cdot m(\text{навеска})} \cdot \left(0.010 \cdot c(\text{CuSO}_4) - \frac{c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{1000} \right),$$

где

$m(\text{навеска})$ — масса навески сахарозы с инертной добавкой, г;

$c(\text{CuSO}_4)$ — точная концентрация раствора CuSO_4 , М;

$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ — точная концентрация раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, М;

$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ — средний объем раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, затраченный на титрование, мл.